

Joni Heinonen

**RAKENNUKSEN LÄMMITYKSEN TOIMIVUUDEN SEURANTA LÄMPÖKON-  
DUKTANSSIN AVULLA**

# **RAKENNUKSEN LÄMMITYKSEN TOIMIVUUDEN SEURANTA LÄMPÖKONDUKTANSSIN AVULLA**

Joni Heinonen  
Opinnäytetyö  
Syksy 2015  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan koulutusohjelma

---

Tekijä: Joni Heinonen

Opinnäytetyön nimi: Rakennuksen lämmityksen toimivuuden seuranta lämpökonduktanssin avulla

Työn ohjaaja: Mikko Niskala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2015 Sivumäärä: 28 + 2 liitettä

---

Opinnäytetyössä analysoitiin ja mitattiin Haukiputaan Pirttikoskella sijaitsevan autotallin sähköenergian kulutusta. Opinnäytetyön tilaajana toimi Oulun ammattikorkeakoulu Oy.

Työn tavoitteena oli tutkia voiko sähköenergian etäluennan avulla huomata muun muassa laitteistovikoja, auki jääneitä ovia tai ikkunoita. Tavoitteena oli laskea u-arvojen ja pinta-alojen avulla teoreettinen johtumislämpöhäviö sekä konduktanssi. Mitatuista tuloksista analysoitiin Microsoft Excel -ohjelmistolla mitä lämpökonduktanssin muutoksilla voidaan päätellä lämmitysjärjestelmän kunnosta.

Kohde on yksikerroksinen ja lämmitettävää pinta-alaa on 21 m<sup>2</sup>. Kohteessa on sähköpatterilämmityksen lisäksi sähköinen lattialämmitys sekä ilma-ilmalämpöpumppu. Rakennuksessa on pyörivällä talteenotolla varustettu tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä.

Työssä saatiin laskettua teoreettinen lämmitystehontarve, teoreettinen konduktanssi sekä ilma-lämpöpumpun hyötysuhde. Mitatuista sähköenergiankulutuksista tehtiin kuvaajia konduktanssin käyttäytymisestä eri lämmitysmuotojen kohdalla.

Toimimaton laite ei kuluta sähköenergiaa ja pudottaa konduktanssin mittausravon nolleen, joten laitteistovika on nopeasti havaittavissa etäluennan avulla. Auki jäänyt ovi tai ikkuna sekä muut hitaat lämpöenergiapäviöt näkyvät konduktanssin mittaustuloksissa hitaasti. Tulevaisuudessa on mahdollista lämpötilaennusteiden avulla asettaa konduktanssin raja-arvoja, joita voidaan verrata toteutuneisiin. Raja-arvojen ylitys aiheuttaisi hälytyksen etäluentalaitteistoon. Luotettavat konduktanssin mittaustulokset vaativat tasaisen vuorokautisen lämpötilaeron. Hyvin pienet lämpötilaerot sekä suuret ulkolämpötilavaihtelut aiheuttavat mittaustuloksiin poikkeavuuksia.

---

Asiasanat: Konduktanssi, lämpöhäviö, u-arvo

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
2 MITTAUSKOHDDE	7
2.1 Lämmitysjärjestelmät	8
2.1.1 Sähköpatterijärjestelmä	8
2.1.2 Ilmalämpöpumppu	8
2.1.3 Lattialämmitys	9
2.1.4 Ilmanvaihto	9
2.2 Mittaukset	10
2.2.1 SchellCount EEM12-32A	11
2.2.2 SchellCount EEM34 DLC-3x65A	12
2.2.3 Entes EPR-04-DIN	13
2.2.4 Ulkoiset häiriötekijät mittauksiin	14
3 JOHTUMISLÄMPÖHÄVIÖN JA KONDUKTANSSIN LASKENTA	15
3.1 Johtumislämpöhäviö	15
3.1.1 U-arvo	15
3.1.2 Pinta-ala	16
3.1.3 Lämpötilaero	16
3.2 Lämpökonduktanssi	16
4 MITTAUKSET JA KOHTEEN KONDUKTANSSI	18
4.1 Mittaukset	18
4.2 Kohteen konduktanssi	20
4.2.1 Mitattu konduktanssi patterilämmityksessä	21
4.2.2 Ilmalämpöpumpun vaikutus konduktanssiin	22
4.2.3 Ilmalämpöpumpun lämpötilat	24
4.2.4 Lattialämmityksen konduktanssi	25
4.2.5 Mahdollisen laitevian huomaaminen	26
5 POHDINTA	27

## LÄHTEET

28

Liite 1. U-arvolaskelmat

Liite 2. Lämpöhäviölaskelmat

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä seurataan ja analysoidaan Haukiputaalla sijaitsevan autotallin sähköenergiankulutusta lämmityskauden 2014 aikana. Työssä vertaillaan kohteen eri lämmitysjärjestelmien sähköenergian kulutuksia lämpökonduktanssin ohella. Kohteessa on sähköpatteri-, ilmalämpöpumppu- ja sähköinen lattialämmitysjärjestelmä sekä koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä. Jokaisesta järjestelmästä mitataan sähköenergian kulutukset palvelimelle, josta ne saadaan luettua. Opinnäytetyössä tutkitaan, voiko lämpökonduktanssin avulla etänä havaita muun muassa laitevikoja, ikkunoiden rikkoutumisia, ovien unohtumista auki tai jopa murtautumista tiloihin.

Lämmitys- ja mittauslaitteisto oli valmiiksi asennettu kohteeseen, joten ensimmäiseksi opinnäytetyössä tutustuttiin laitteistoon. Mittaustuloksista mallinnettiin konduktanssin käyttäytymistä eri lämmitysmuotojen kohdalla.

Kohteen omistajalta saatiin pohja- ja julkisivukuvat, joista saatiin laskettua pinta-alat. Rakennemateriaalitiedoista laskettiin u-arvot. Pinta-alojen ja u-arvojen kautta laskettiin johtumislämpöhäviö. Mitoituslämpötilojen sekä johtumislämpöhäviön avulla laskettiin teoreettinen lämpökonduktanssi, jota verrattiin mittaustuloksista laskettuihin lämpökonduktansseihin.

## 2 MITTAUSKOHDE

Kohde on Haukiputaalla sijaitseva vapaa-ajan asunnon autotalli (kuva 1). Autotallin energiankulutus talletetaan tietokantaan etäluennan avulla. Lämmityslaitteet ja valaistus kuluttavat suurimman osan kohteen käyttämästä sähköstä. Loisteputkivalaisimien vaatima sähköenergia muuttuu lähes kokonaan lämmitysenergiaksi. Talliin tuotettu lämpö karkaa enimmäkseen johtumalla sekä mahdollisista tiivisteraoista. Myös ilmanvaihto kuluttaa lämpöenergiaa.



*KUVA 1. Mittauskohde*

## 2.1 Lämmitysjärjestelmät

Lämmitys on toteutettu kolmella sähköpatterilla, ilmalämpöpumpulla ja kolmella lattialämmityskaapelilla. Lattialämmityskaapelit ja patterit toimivat vastuksina, jotka lämpenevät sähkövirran tehohäviöllä. Jokaiselle laitteelle on oma termostaatti tai säätöpaneeli, joten ne eivät ole toisistaan riippuvaisia. Kohteessa on 6x2 kappaletta loisteputkivalaisimia, jotka myöskin lämmittävät autotallia.

### 2.1.1 Sähköpatterijärjestelmä

Kohteessa on kolme NOBÖ C4N10 1000W 400X675MM -sähköpatteria. Nobön Teho-sarjan lämmittimet ovat käytössä turvallisia. Ne ovat sekä suojaristettyjä että roiskevedenpitäviä. Lämmittimet ovat varustetut ylikuumentumissuojalla, joka tarvittaessa sammuttaa lämmittimen, jos sen lämpötila nousee liian korkeaksi. (1.)

Suorassa sähkölämmityksessä patterilämmitys on tekniikaltaan ja asennustavaltaan yksinkertainen. Koko järjestelmä tarvitsee vähän huoltoa ja on hankintakustannuksiltaan edullinen. Sähkölämmittimet ovat laajalti käytetty huonekohtaisen sähkölämmityksen muoto. Sähkölämmittimet ottavat huomioon välittömästi muut lämmönlähteet, joten lämmitysjärjestelmä on päällä vain tarvittaessa. (2, s. 57.)

### 2.1.2 Ilmalämpöpumppu

Kohteessa on Mitsubishi Electric MSZ-FH25VE -ilmalämpöpumppu. Kyseisen ilmalämpöpumpun lämpöteho on 1,0–6,3 kW ja jäähdytysteho 0,8–3,5 kW (3, s. 7). Ilmalämpöpumpun asennus on yksinkertaista, koska tarvitaan vain ulko- ja sisäyksikön asentaminen ja niiden välisen putkituksen sekä kaapeloinnin kytkeminen (2, s. 96).

Ulkoyksikkö sisältää ilmasta lämpöä ottavan patterin (höyrystimen), kompressorin sekä automaatiikkaa. Sisäyksikössä on puhallinpatteri (lauhdutin), joka kierrättää lämmitettävää ilmaa. Usein puhaltimessa on useita tehoportaita, tarkoituksena lähinnä vähentää puhallinääntä pienen lämmöntarpeen aikana. (2, s. 96.)



Ulkoilman jäähdytys saa ilman sisältämän kosteuden huurtumaan lämpöä ottavan höyrystimen pinnoille. Huurtuminen on voimakkainta ulkolämpötilan ollessa 0 °C:n seutuvilla. Koska huurre haittaa lämmön siirtymistä ja ilman virtausta, se on ajoittain poistettava sulattamalla. (2, s. 96.)

Lämpötilan laskiessa alle -20...-15 °C:n lämpöpumpun tehokkuus (lämpökerroin) pienenee niin paljon, ettei ulkoilmasta enää ole järkevää ottaa lämpöä. Tällöin tarvitaan lisäksi jokin toinen lämmitysjärjestelmä, jonka teho riittää yksin lämmittämään talon myös kovilla pakkasilla. (2, s. 96.)

### **2.1.3 Lattialämmitys**

Kohteessa on kolme Deviflex DTIP 18 1220W 68m -lattialämmityskaapelia. Yhden kaapelin teho on 18 W/m. Kaapeleita voidaan käyttää betonilattioissa, joiden paksuus on yli 5 cm.

Lattiabetoniin asennetuissa lämmityskaapeleissa syntyvä lämpö siirtyy betonin kautta huonetilaan (4, s. 364). Betonikerroksen paksuus ja käytetty mitoitus-teho vaikuttavat betonilaattaan varautuvan lämmön määrään (4, s. 364). Lattialämmitys on lämpöä varaavan luonteensa takia säätöominaisuuksiltaan hitaampi kuin muun muassa patterilämmitys (2, s. 57). Lattialämmitys-järjestelmää käytetään yleensä kosteissa tiloissa, kuten saunassa, pesu- tai kylpyhuoneissa, joissa lämmin lattia antaa miellyttävän lämpömukavuuden (2, s. 57).

### **2.1.4 Ilmanvaihto**

Kohteessa on Enervent Pingvin -ilmanvaihtokone pyörivällä lämmöntalteenotolla. Koneen tulo- ja poistoilmapuhaltimet ovat sähköteholtaan 119 W ja sähköinen jälkilämmitin 400 W (5).

Kylmä tuloilma viilentää tilaa sekä voi aiheuttaa vedon tunteen. Sen vuoksi tuloilmaa lämmitetään jälkilämmityspatterilla. Hyvällä lämmöntalteenottolaitteella tuloilma voidaan lämmittää riittävän lämpimäksi ilman erillistä lämmityslaitetta (6, s. 216).

## 2.2 Mittaukset

Kohteesta on mitattu mitta-arvoja tietokantaan 2013 syyskuun alusta alkaen. Kaikki autotallin mittaukset tulevat 3G-yhteydellä varustetulle logiikalle. Tiedot lähetetään Saikotekin palvelimelle ja sieltä tietokantapalvelimelle, josta tiedot luetaan.

Tietokantapalvelimella olevat tiedot

- sisälämpötila
- ulkolämpötila
- kokonaissähkönkulutus
- iv-koneen sähkönkulutus
- sähköpattereiden sähkönkulutus
- lattialämmityksen sähkönkulutus
- ilmalämpöpumpun
  - sähkönkulutus
  - kylmäkaasun paine
  - kuumakaasun paine.

Lisäksi kohteesta saadaan mitta-arvoja, joita ei hyödynnetä tässä opinnäytetyössä:

- ilmalämpöpumpun
  - sisäyksikön puhallusilman lämpötila
  - sisäyksikön painepuolen lämpötila
- iv-koneen
  - tuloilman lämpötila
  - jäteilman lämpötila
  - poistoilman lämpötila
  - raitisilman lämpötila
  - tuloilman iris -säätöpellin painehäviö
  - poistoilman iris -säätöpellin painehäviö

## 2.2.1 SchellCount EEM12-32A

SchellCount EEM12-32A -energiankulutusmittari (kuva 2) toimii mekaanisesti. Kohteessa on kaksi kyseistä mittaria, joilla mitataan ilmalämpöpumpun ja ilmanvaihtokoneen sähköenergiankulutusta. Mittaukset tulevat plc:lle s0-impulssituloina.



KUVA 2. SchellCount EEM12-32A -energiankulutusmittari

## 2.2.2 SchellCount EEM34 DLC-3x65A

SchellCount EEM34 DLC-3x65A -kolmivaihe-energiankulutusmittarilla (kuva 3) mitataan lattialämmityksen sähköenergian kulutusta.



KUVA 3. SchellCount EEM34 DLC-3x65A -kolmivaihe-energiamittari

### 2.2.3 Entes EPR-04-DIN

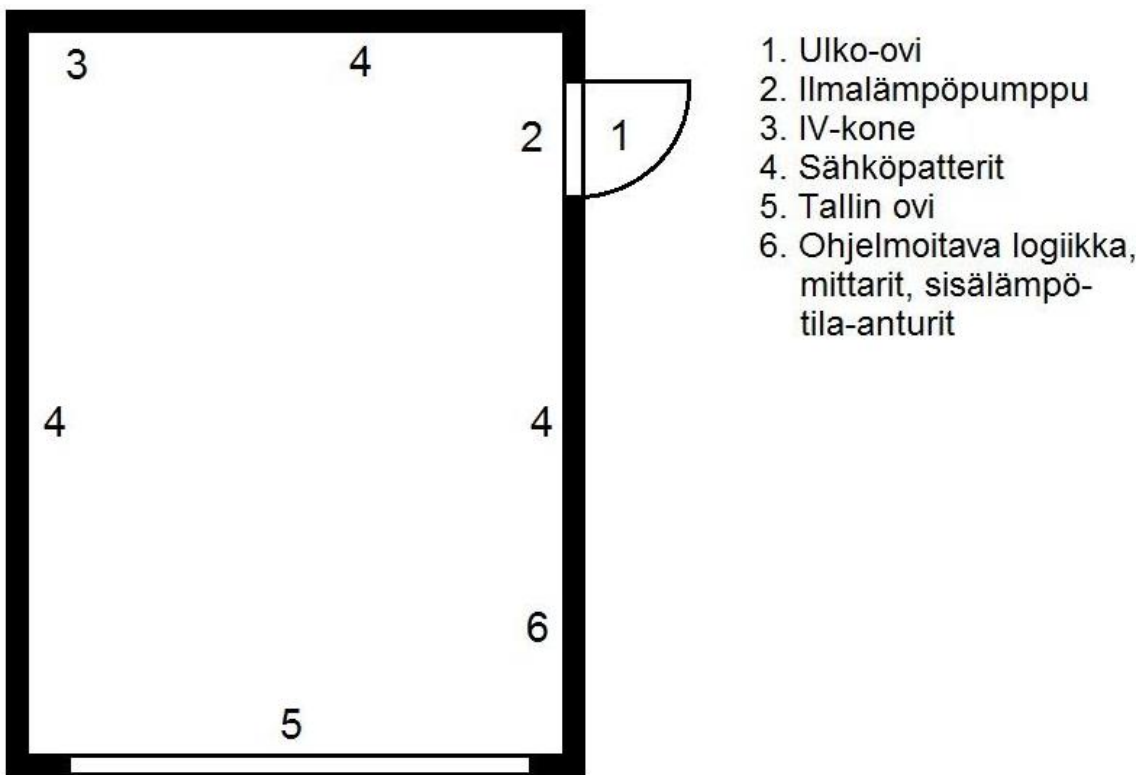
Entes EPR-04-DIN -sähköenergiamittarilla (kuva 4) mitataan kokonaissähköenergiankulutusta.



KUVA 4. Entes EPR-04-DIN -sähköenergiamittari (9)

## 2.2.4 Ulkoiset häiriötekijät mittauksiin

Hetkellisesti suurempi sähkönkulutus lämmityslaitteistossa sekä sisälämpötilan pieni lasku voivat aiheutua esimerkiksi ajettaessa kylmä auto talliin. Ilmalämpöpumpun sisäyksikkö sijaitsee ulko-oven yläpuolella (kuva 5). Autotallissa käyvä henkilö voi unohtaa oven auki. Oviaukosta tuleva kylmä ilma aktivoi ilmalämpöpumpun täydelle teholle aiheuttaen sähkönkulutukseen piikin. Lisäksi oven läheisyydessä sijaitsee sisälämpötila-anturit, joten sisälämpötila voi tietyissä tilanteissa laskea näkymättä sähköenergian kulutuksen lisääntymisenä.



KUVA 5. Laitteiston ja ovien sijainti kohteessa

## 3 JOHTUMISLÄMPÖHÄVIÖN JA KONDUKTANSSIN LASKENTA

### 3.1 Johtumislämpöhäviö

Jotta saadaan selville rakennuksen vaatima lämmitysteho, täytyy selvittää kunkin rakennusosan johtumislämpöhäviö. Huoneen kunkin rakennusosan aiheuttama lämpöhäviö lasketaan kaavalla 1 (4, s. 102).

$$\Phi = \sum[UA(T_s - T_u)] \quad \text{KAAVA 1}$$

$\Phi$  = teho (W)

$U$  = lämmönläpäisykerroin ( $W/m^2\text{°C}$ )

$A$  = pinta – ala ( $m^2$ )

$T_s$  = sisälämpötila ( $\text{°C}$ )

$T_u$  = ulkolämpötila ( $\text{°C}$ )

#### 3.1.1 U-arvo

U-arvo saadaan, kun selvitetään rakenteiden paksuus ja normaalin lämmönjohtavuus jokaiselle materiaalille Suomen rakentamismääräyskokoelman (myöh. RakMK) osasta C4 tai valmistajalta. Ulkoilmaan rajoittuvien rakennusosien pintavastuksina käytetään RakMK C4:n arvoja (7, s. 16).

U-arvo lasketaan kaavalla 2 (4, s. 99).

$$U = \frac{\lambda}{s} = \frac{1}{\Sigma R} \quad \text{KAAVA 2}$$

$U$  = lämmönläpäisykerroin ( $W/m^2\text{°C}$ )

$\lambda$  = lämmönjohtavuus ( $W/m\text{°C}$ )

$s$  = rakenteen paksuus (m)

$$R = \frac{s}{\lambda} = \text{lämmönvastus (m}^2\text{°C/W)}$$

Taulukossa 1 on esitettyä yläpohjan U-arvolaskelma. Rakenteen materiaalit sekä niiden paksuudet ovat kohteen omistajan ilmoittamia. Muiden rakenteiden U-arvolaskelmat ovat liitteessä 2.

TAULUKKO 1. Yläpohjan U-arvolaskelma (liite 2)

Rakenne	Materiaali	s	$\lambda$	R=s/ $\lambda$
YP		[m]	[W/m°C]	[m²°C/W]
	R <sub>se</sub>			0,04
	R <sub>u</sub>			0,20
	Puukuitueriste	0,45	0,05	9,00
	Kipsi	0,026	0,23	0,11
	R <sub>si</sub>			0,1
	$\Sigma R$			9,45
		U= 1/ $\Sigma R$ =		0,11 W/m²°C

### 3.1.2 Pinta-ala

Kohteen pohjapiirroksista saadaan laskettua rakennuksen pinta-alat. Kohteen omistaja ilmoitti ikkunoiden koot. Ulkoseinien korkeudet ovat ilmoitettu julkisivukuvissa.

### 3.1.3 Lämpötilaero

Teoreettiset lämpötilat löytyvät RakMK osasta D3 (8, s. 29), jonka mukaan Oulun mitoitusulko-lämpötila on -32 °C. Lämpötilaeroksi saadaan 52 °C, kun sisälämpötila oletetaan olevan +20 °C. Hetkelliset sisä- ja ulkolämpötilat saadaan mittaustuloksista.

### 3.2 Lämpökonduktanssi

Lämpökonduktanssi on tehontarpeen sekä sisä- ja ulkolämpötilan eron suhde, joka lasketaan kaavalla 3. Lämpötilat sekä laitteistojen tarvitsemat energiat tulevat tunneittain palvelimelle, joka mahdollistaa konduktanssin laskennan tunneittain.



$$G = \frac{\phi}{\Delta T}$$

KAAVA 3

$G$  = konduktanssi (W/°C)

$\phi$  = teho (W)

$\Delta T$  = lämpötilaero (°C)

Pirttikosken autotallin laskennallinen johtumislämpöhäviö on 2254 W (liite 2). Tästä saadaan teoreettinen lämpökonduktanssi, joka on havainnollistettu alla kaavalla 3.

$$G = \frac{2254W}{52^{\circ}\text{C}} \approx 43 \frac{W}{^{\circ}\text{C}}$$

## 4 MITTAUKSET JA KOHTEEN KONDUKTANSSI

### 4.1 Mittaukset

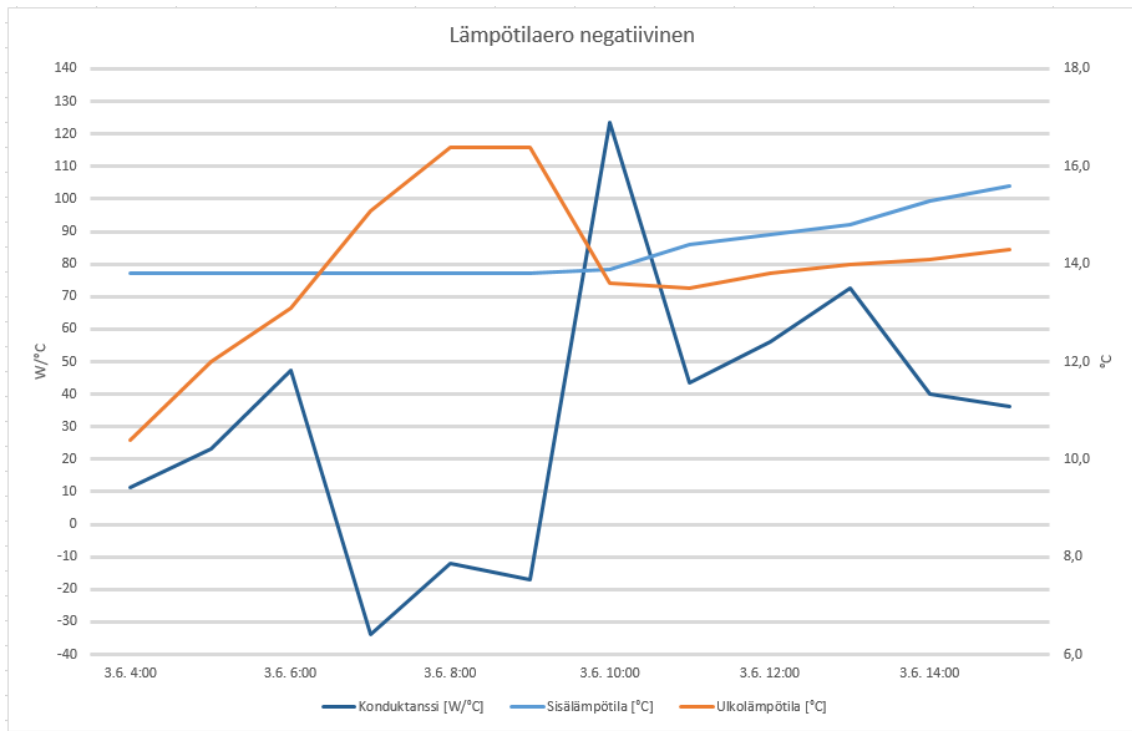
Energiamittareilla mitattiin lattialämmityksen, sähköpattereiden ja lämpöpumpun sekä iv-kojeen sähköenergian kulutusta. Kohteen sisäpuolelle asennetulla lämpömittarilla saatiin sisälämpötilat. Ulkolämpötilat luettiin kohteessa olevan sääaseman kautta. Mittaustulokset kirjattiin tunneittain palvelimelle, josta ne voitiin ladata ja analysoida.

Mittausjakson aikana kohdetta lämmitettiin hetkittäin vain tietyllä lämmitysmuodolla (taulukko 2). Tämä mahdollisti kyseisen lämmitysmuodon tarkemman analysoinnin. Pääasiassa kohdetta lämmitettiin lämpöpumpulla.

*TAULUKKO 2. Lämmitysmuotojen lämmitysjaksot ainoana lämpöenergian lähteenä*

Lämmitysmuoto	Lämmitysjakso
Lattialämmitys	27.3. – 29.3.2014
Patterilämmitys	16.3. – 24.3.2014
Lämpöpumppu	15.1. – 26.1.2014

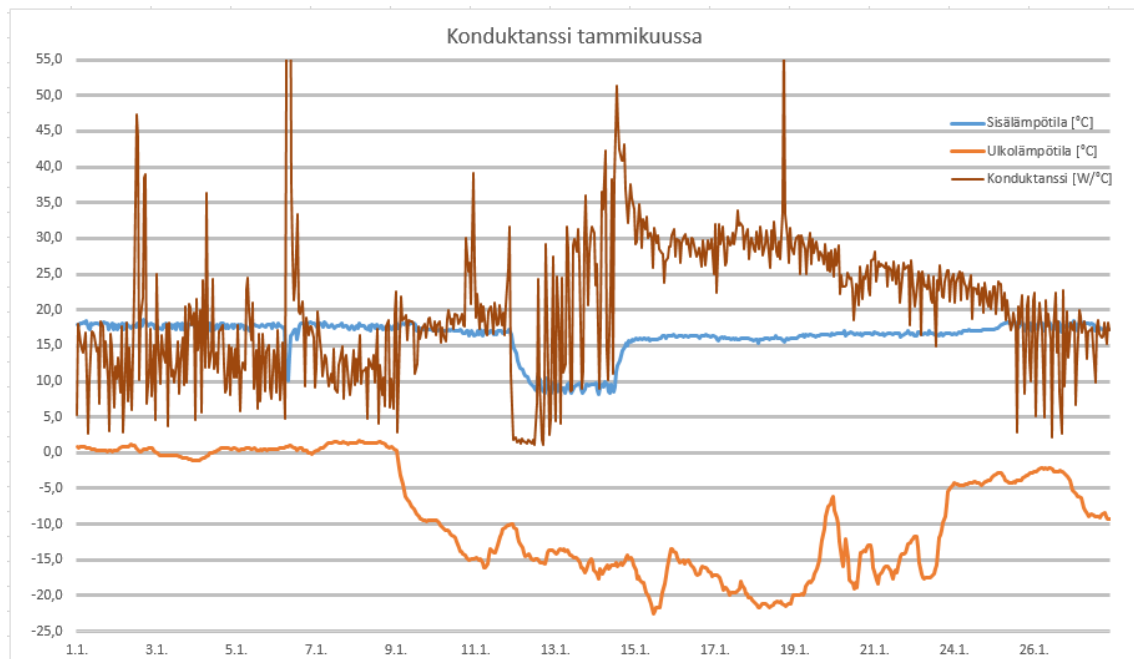
Reaaliaikaisen mittauksen tuloksia saatiin vuoden 2013 syksystä vuoden 2014 syksyyn. Kuten kuvasta 6 havaitaan, tulokset ovat epäluotettavia, jos lämpötilaerot ovat pienet tai lämpötilat vaihtelevat. Datasta rajattiin käyttöön pakkasjaksot sekä yhden lämmitysmuodon jaksot.



KUVA 6. Lämpötilaero negatiivinen

## 4.2 Kohteen konduktanssi

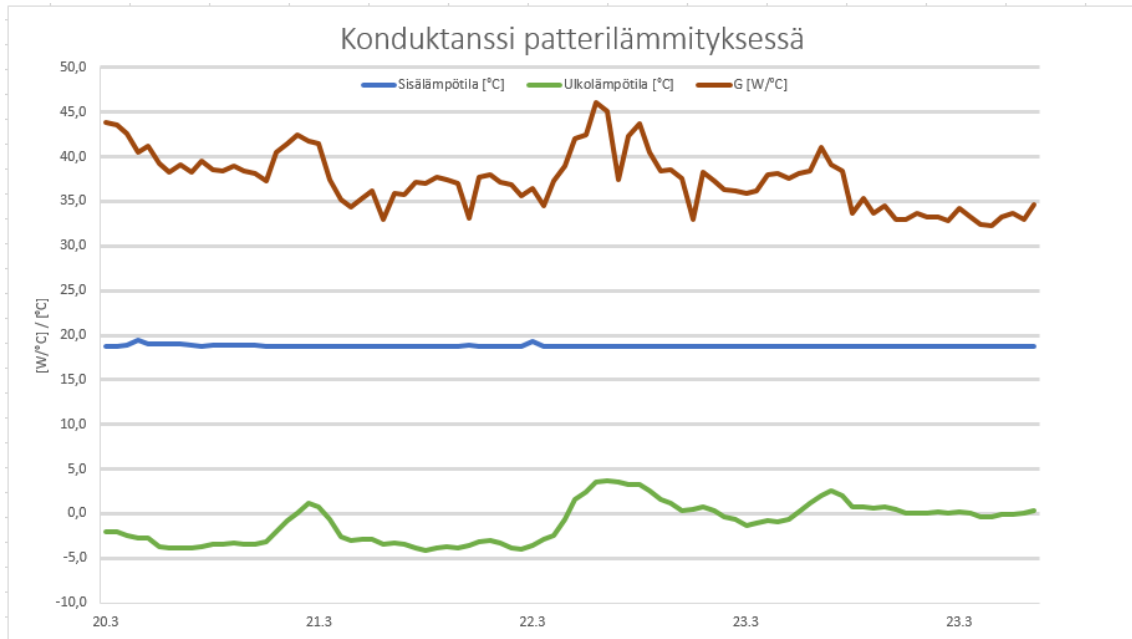
Kuvassa 7 nähdään rakennuksen konduktanssi tammikuussa 2014. Kuvasta voi seurata konduktanssin muutoksia. Huomataan konduktanssin suuret heilahtelut, kun ulkolämpötila vaihtelee. Tammikuussa kohdetta lämmitettiin ilmalämpöpumpulla. Sähköpatterit kävivät päällä viisi kertaa, jotka havaitaan konduktanssin käyrän piikkeinä.



KUVA 7. Konduktanssi tammikuussa

#### 4.2.1 Mitattu konduktanssi patterilämmityksessä

Mittausjakson aikana sähköenergiaa kuluttivat sähköpatterit ja iv-kone. Tällöin lämpöpumpun tilaan tuoma lämpöenergia ei vaikuta konduktanssiin. Kuvasta 8 voidaan havaita, että ainoastaan sähköpattereiden energian kulutusta seuraamalla konduktanssi on keskimäärin 38 W/°C. Kun huomioidaan ilmanvaihdon kuluttama sähköenergia, konduktanssi on keskimäärin 41 W/°C. Teoreettisesti laskettu konduktanssi on 43 W/°C.



KUVA 8. Konduktanssi patterilämmityksessä iv-koneen käydessä

#### 4.2.2 Ilmalämpöpumpun vaikutus konduktanssiin

Kun ilmalämpöpumpun hyötysuhde on yli yhden, se pienentää konduktanssia. Kuvasta 9 huomataan, että konduktanssi on keskimäärin 27 W/°C. Suoralla sähköllä lämmittäessä eli patterilämmityksellä konduktanssi on 41 W/°C. Lisäksi kuvassa havaitaan piikki konduktanssissa. Ilmalämpöpumppu kytkeytyy sulatustoiminnolle pitemmän pakkasjakson aikana, jolloin se ei tuota lämmitysenergiaa. Tässä tapauksessa patterilämmitys kytkeytyy päälle, jotta lämmitysenergia riittää halutun sisälämpötilan saavuttamiseen. IV-kone ei ollut käynnissä mittausjakson aikana.

Ilmalämpöpumpun keskimääräinen hyötysuhde (myöh. COP) mittausjakson ajalta voidaan laskea kaavalla 4. Tuottotehon laskentaan voidaan hyödyntää patterilämmityksen konduktanssia (myöh.  $G_{PL}$ ). Ottotehon laskentaan hyödynnetään ilmalämpöpumpun konduktanssia (myöh.  $G_{LP}$ ).

$$\eta = \frac{P_{tuotto}}{P_{otto}} \quad \text{KAAVA 4}$$

$\eta = \text{COP}$  eli hyötysuhde

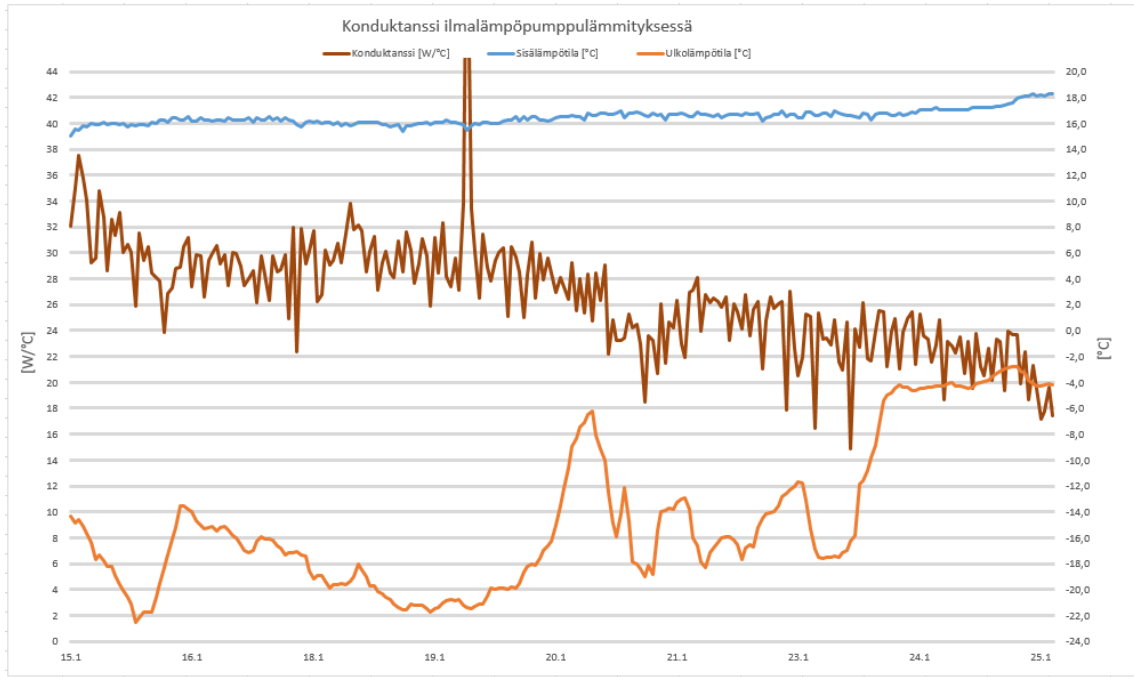
$$P_{tuotto} = \text{tuottoteho (W)} = G_{PL} * (T_s - T_u)$$

$$P_{otto} = \text{ottoteho (W)} = G_{LP} * (T_s - T_u)$$

Sijoittamalla  $P_{tuotto}$  ja  $P_{otto}$  kaavaan 4 saadaan laskettua COP. Laskennassa käytettävät konduktanssit valitaan samoissa sisä- ja ulkolämpötiloissa. Tällöin  $T_s$  ja  $T_u$  supistuvat pois.

$$COP = \frac{G_{PL} * (T_s - T_u)}{G_{LP} * (T_s - T_u)} = \frac{G_{PL}}{G_{LP}}$$

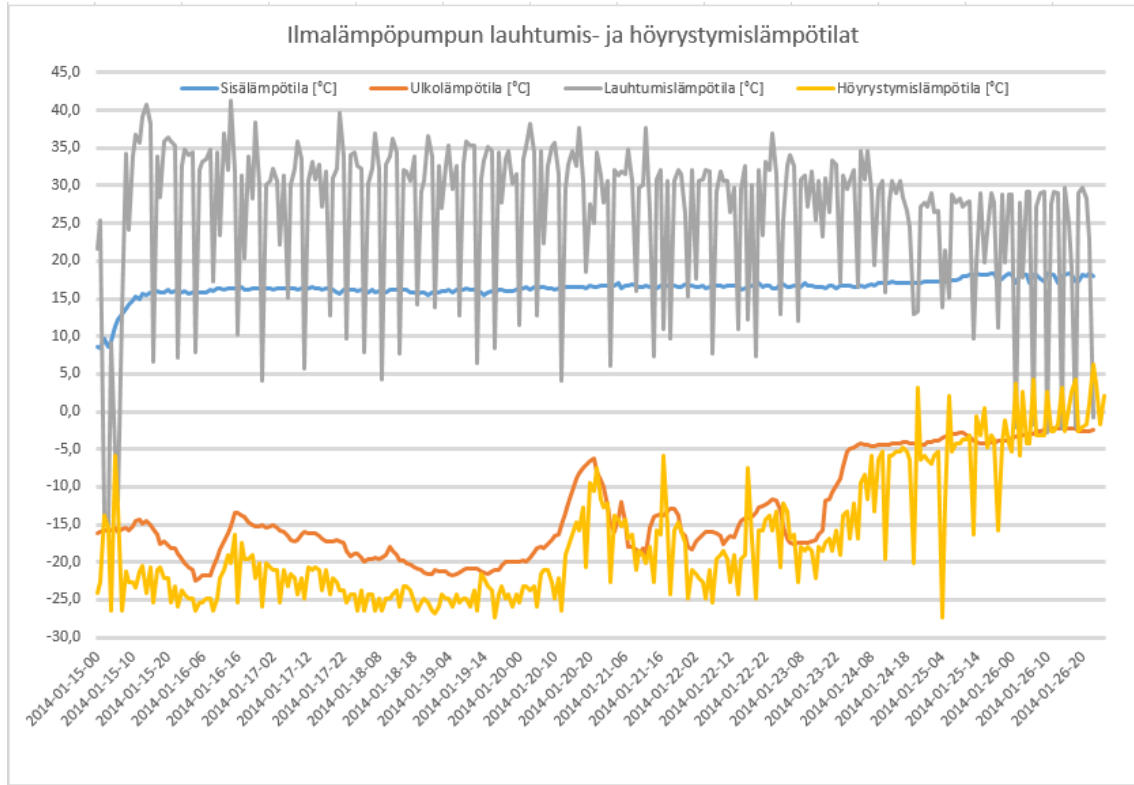
$$COP = \frac{38 \frac{W}{C} * (18 - (-4)) C}{19 \frac{W}{C} * (18 - (-4)) C} = \frac{38}{19} = 2, \text{ kun } T_s = 18 \text{ } ^\circ\text{C ja } T_u = -4 \text{ } ^\circ\text{C}.$$



KUVA 9. Ilmalämpöpumpun vaikutus konduktanssiin, kun COP on yli 1

### 4.2.3 Ilmalämpöpumpun lämpötilat

Kohteen ilmalämpöpumpussa käytetään R410A-kylmäainetta. Mittaustuloksista saadaan lauhtumis- ja höyrystymispaineet, jotka muutetaan lauhtumis- ja höyrystymislämpötiloiksi. Kuvasta 10 voidaan havaita höyrystymislämpötilan seuraavan ulkolämpötilää.

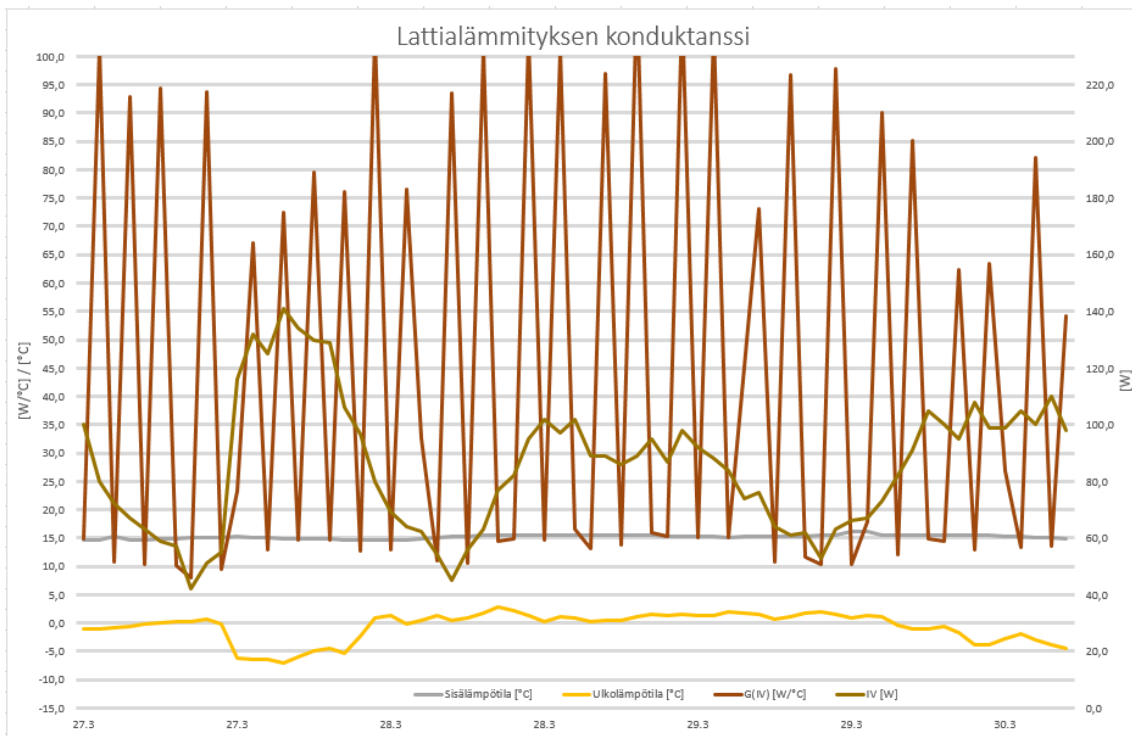


KUVA 10. Ilmalämpöpumpun lauhtumis- ja höyrystymislämpötilat



#### 4.2.4 Lattialämmityksen konduktanssi

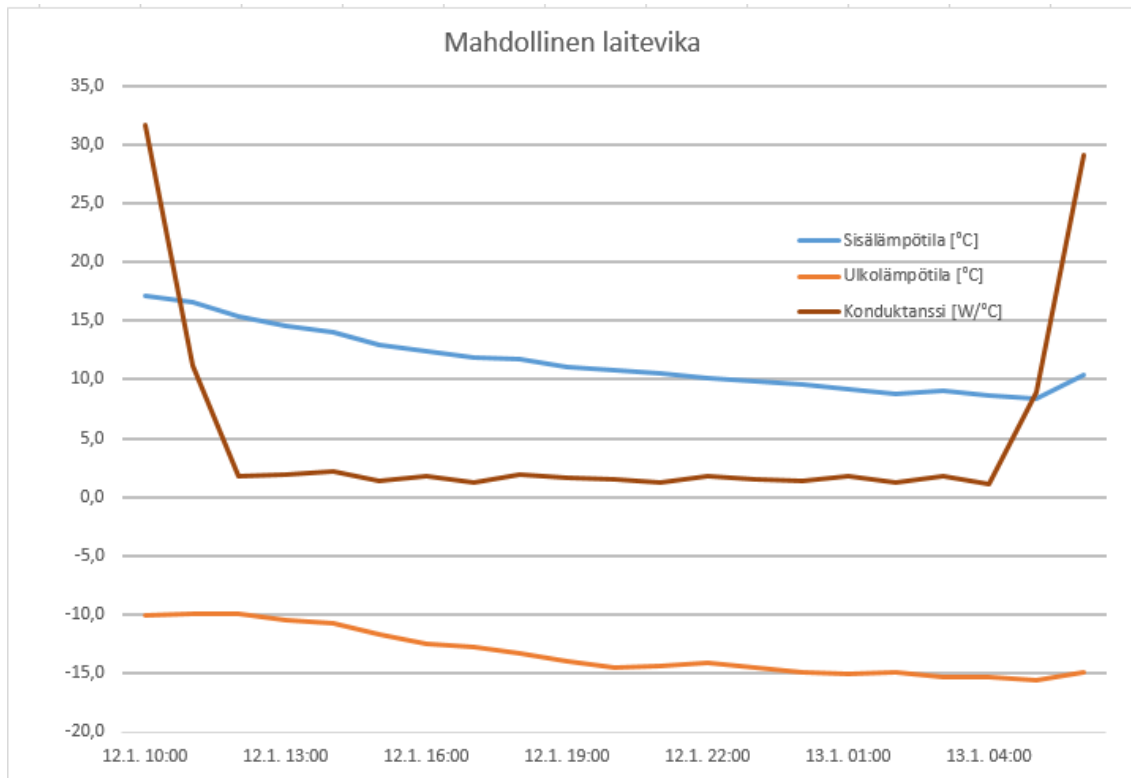
Lattialämmitys toimii jaksoittain, mikä havaitaan kuvasta 11 konduktanssin suurina vaihteluina. Mittausjakson aikana ilmanvaihto oli päällä. Tällöin keskimääräinen konduktanssi oli 46 W/°C. Kun huomioitiin ainoastaan lattialämmityksen kuluttama sähköenergia, konduktanssi oli keskimäärin 40 W/°C. Konduktanssin arvot laskevat 27.3., koska ulkolämpötilan laskiessa ilmalämpöpumppu kytkeytyy päälle pienellä teholla. 28.3. ilmalämpöpumppu lopettaa lämmitysenergian tuottamisen. Kun ei huomioida ilmanvaihdon sähköenergian kulutusta, patterilämmityksen keskimääräinen konduktanssi on 38 W/°C ja lattialämmityksen 40 W/°C. Tästä voidaan päätellä, että sähköinen lattialämmitys ei lisää lämpöhäviötä sähköiseen patterilämmitykseen verrattuna.



KUVA 11. Lattialämmityksen konduktanssi iv-koneen käydessä

#### 4.2.5 Mahdollisen laitevian huomaaminen

Kuten kuvasta 12 havaitaan, konduktanssi putoaa ja pysyy alhaalla. Tästä voidaan päätellä, ettei lämmityslaitteisto toimi toivotulla tavalla. Tässä tapauksessa lämmityslaitteiston tehoja tiputettiin 12.1.2014.



KUVA 12. Mahdollisen laitevian huomaaminen

## 5 POHDINTA

Työn tarkoituksena oli tutkia, voiko sähköenergian etäluennalla ja sitä kautta konduktanssin avulla saada tietoon muun muassa mökin laiterikkoja, kylmäaineen vuotamista, auki unohtuneita ovia tai ikkunoita. Käytännössä tarkasteltiin, pystytäänkö reaaliaikaisesti seuraamaan lämpöenergian vuotamista taikka puuttumista kaukana mittauskohteesta. Opinnäytetyö oli tutkimustyötä, koska lämmitys- ja mittauslaitteisto oli valmiiksi asennettuna rakennuksessa. Keskeinen väline, jota käytettiin tässä työssä, oli Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmisto. Johtumislämpöhäviöt, u-arvot ja sitä kautta teoreettinen konduktanssi laskettiin käsin kohteen lähtötietoja apuna käyttäen.

Työn perusteella voidaan sanoa, että konduktanssi on hyvä mittari, muttei täysin luotettava. Tulokset vaihtelevat monen muuttujan summana, suurimpana luotettavaan tulokseen vaadittava stabiili lämpötilaero. Toimintahäiriöt laitteistosta konduktanssin avulla huomataan nopeasti verrattuna esimerkiksi sisälämpötilan muutokseen. Pienemmät lämpöhäviöt eivät välttämättä näy konduktanssin muutoksessa riittävän suurina piikkeinä.

Tulevaisuudessa rakennuksen turvajärjestelmä voi antaa hälytyksen suoraan huoltomiehelle konduktanssin muutoksen perusteella. Vaaditaan kuitenkin jatkotutkimuksia, jotta asiasta tullaan tietoisiksi sekä hinta-laatusuhdetta saadaan nostettua.

## LÄHTEET

1. Nöbö Teho. 2015. GlenDimplex. Saatavissa: <http://www.glendimplex.fi/produkt/nobo-teho>. Hakupäivä 8.6.2015.
2. Lappalainen, Markku 2010. Energia- ja ekologiakäsikirja. Tampere: Tammerprint Oy.
3. Mitsubishi MSZ-FH. 2015. Scanoffice 2015. Tuote-esite. Saatavissa: [http://www.scanoffice.fi/sites/default/files/liitetiedostot/tuotteet/esite\\_msz-fh-sarja\\_0.pdf](http://www.scanoffice.fi/sites/default/files/liitetiedostot/tuotteet/esite_msz-fh-sarja_0.pdf). Hakupäivä 8.6.2015.
4. Seppänen, Olli 2001. Rakennusten lämmitys. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.
5. Enervent Pingvin. 2015. Ensto Enervent. Tuote-esite. Saatavissa: <http://ensto.api.digtator.fi/Download.ashx?rid=6d4e0375-6df1-4b51-b9d3-a15700bcc89e&fid=9343f3b4-c8a7-4bc0-a31e-a15700be1ac9&imgtype=original>. Hakupäivä 29.11.2015.
6. Seppänen, Olli 2008. Ilmastointiteknikka ja sisäilmasto. Anjalankoski: SOLVER palvelut Oy.
7. C4 (2003). 2002. Lämmöneristys. Ohjeet 2003. C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto.
8. D3 (2012). 2011. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto.
9. Entes EPR-04S-96. 2015. Entes Elektronik. Saatavissa: [http://www.entes.com.tr/enerji\\_olcer\\_ud\\_en.asp?livecatID=2&livecatalID=18&urunID=11](http://www.entes.com.tr/enerji_olcer_ud_en.asp?livecatID=2&livecatalID=18&urunID=11). Hakupäivä 15.11.2015.

## ULKOSEINÄ ERISTEEN KOHTA

Rakenne		d	$\lambda$	$R=d/\lambda$
$U_{\text{eriste}}$	Materiaali	[m]	[W/m <sup>2</sup> C]	[m <sup>2</sup> C/W]
	$R_{\text{se}}$			0,13
	Runkoleijona	0,025	0,055	0,45
	Puukuit.er.	0,2	0,05	4,00
	Kipsi	0,026	0,23	0,11
	$R_{\text{si}}$			0,13
	$\Sigma R$			4,83
		$U = 1/\Sigma R =$		0,21 W/m <sup>2</sup> C

## ULKOSEINÄ RISTIINKOOLAUKSEN KOHTA

Rakenne	Materiaali	d	$\lambda$	$R=d/\lambda$
$U_{\text{kooli}}$		[m]	[W/m <sup>2</sup> C]	[m <sup>2</sup> C/W]
	$R_{\text{se}}$			0,13
	Runkoleijona	0,025	0,055	0,45
	Puukuit.er.	0,15	0,05	3,00
	Puu	0,05	0,12	0,42
	Kipsi	0,026	0,23	0,11
	$R_{\text{si}}$			0,13
	$\Sigma R$			4,24
		$U = 1/\Sigma R =$		0,24 W/m <sup>2</sup> C

## ULKOSEINÄ RUNGON KOHTA

Rakenne	Materiaali	d	$\lambda$	R=d/ $\lambda$
US <sub>runko</sub>		[m]	[W/m°C]	[m <sup>2</sup> °C/W]
	R <sub>se</sub>			0,13
	Runkoleijona	0,025	0,055	0,45
	Puukuit.er.	0,05	0,05	1,00
	Puu	0,15	0,12	1,25
	Kipsi	0,026	0,23	0,11
	R <sub>si</sub>			0,13
	$\Sigma R$			3,08
		U= 1/ $\Sigma R$ =		0,32 W/m <sup>2</sup> °C

## YLÄPOHJA

Rakenne	Materiaali	s	$\lambda$	R=s/ $\lambda$
YP		[m]	[W/m°C]	[m <sup>2</sup> °C/W]
	R <sub>se</sub>			0,04
	R <sub>u</sub>			0,20
	Puukuitueriste	0,45	0,05	9,00
	Kipsi	0,026	0,23	0,11
	R <sub>si</sub>			0,1
	$\Sigma R$			9,45
		U= 1/ $\Sigma R$ =		0,11 W/m <sup>2</sup> °C

## ALAPOHJA SISÄALUE

Rakenne	Materiaali	d	$\lambda$	$R=d/\lambda$
AP <sub>sisä</sub>		[m]	[W/m°C]	[m²°C/W]
	R <sub>si</sub>			0,17
	Betoni	0,16	1,2	0,13
	Polyuretaani	0,05	0,026	1,92
	Eriste	0,1	0,041	2,44
	R <sub>so</sub>			0,20
	R <sub>v</sub>			3,2
	$\Sigma R$			8,07
		U= 1/ $\Sigma R$ =		0,12 W/m²°C

## ALAPOHJA REUNA-ALUE

Rakenne	Materiaali	d	$\lambda$	$R=d/\lambda$
AP <sub>reuna</sub>		[m]	[W/m°C]	[m²°C/W]
	R <sub>si</sub>			0,17
	Betoni	0,16	1,2	0,13
	Polyuretaani	0,05	0,026	1,92
	Eriste	0,1	0,041	2,44
	R <sub>so</sub>			0,20
	R <sub>v</sub>			0,8
	$\Sigma R$			5,67
		U= 1/ $\Sigma R$ =		0,18 W/m²°C

## SOKKELI

Rakenne		d	$\lambda$	R=d/ $\lambda$
Sokkeli	Materiaali	[m]	[W/m°C]	[m²°C/W]
	R <sub>se</sub>			0,04
	Betoni	0,15	1,2	0,13
	Kipsi	0,026	0,23	0,11
	R <sub>si</sub>			0,13
	$\Sigma R$			0,41
		U= 1/ $\Sigma R$ = 2,45		W/m²°C

## OVET JA IKKUNAT

Rakenne	Materiaali	d	$\lambda$	R=d/ $\lambda$	U=1/ $\Sigma R$
		[m]	[W/m°C]	[m²°C/W]	[W/m²°C]
Tallinovi	Polyuretaani	0,03	0,026	1,15	0,87
Ulko-ovi	Polyuretaani	0,05	0,026	1,92	0,52
Ikkuna					1



ULKOSEINÄ

$$U = \frac{3,3m * 50mm * 0,32 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} + 3,3m * 550mm * 0,21 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}}{3,3m * 600mm} \approx 0,22 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$A = 2 * (3,3 * 7,4)m^2 + 2 * (3,3 * 3,5)m^2 - (0,9 * 2,3 + 2,56 * 2,3 + 2 * 0,6 * 0,6)m^2 \approx 63,3 m^2$$

$$\Phi_{US} = 0,22 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 63,3m^2 * 52^\circ C \approx 724,2 W$$

YLÄPOHJA

$$U = 0,11 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$A = (7,3 * 3,3)m^2 \approx 24,1 m^2$$

$$\Phi_{YP} = 0,11 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 24,1m^2 * 52^\circ C \approx 137,9 W$$

ALAPOHJA SISÄALUE

$$U = 0,12 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$A = (5,3 * 1,3)m^2 \approx 6,9 m^2$$

$$\Phi_{AP_{sisä}} = 0,12 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 6,9m^2 * 52^\circ C \approx 43 W$$

ALAPOHJA REUNA-ALUE

$$U = 0,18 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$A = (2 * 7,3 + 2 * 1,3)m^2 \approx 17,2 m^2$$

$$\Phi_{AP_{reuna}} = 0,18 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 17,2m^2 * 52^\circ C \approx 161 W$$

SOKKELI

$$U = 2,45 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$A = (2 * 0,3 * 7,4 + 2 * 0,3 * 3,5)m^2 \approx 6,5 m^2$$

$$\Phi_{Sokkeli} = 2,45 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 6,5m^2 * 52^\circ C \approx 828,1 W$$

OVET JA IKKUNAT

$$U = 0,87 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}, 0,52 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}, 1 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$A = (2,3 * 2,56)m^2, (0,9 * 2,3)m^2, 2 * (0,6 * 0,6)m^2$$

$$\begin{aligned} \Phi_{O+I} &= (0,87 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * (2,3 * 2,56)m^2 + 0,52 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * (0,9 * 2,3)m^2 \\ &\quad + 2 * (1 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 0,6m * 0,6m)) * 52^\circ C \approx 359,8 W \end{aligned}$$

KOKONAIS JOHTUMISLÄMPÖHÄVIÖ

$$\begin{aligned} \Phi_{JOHT} &= \Phi_{US} + \Phi_{YP} + \Phi_{AP_{sisä}} + \Phi_{AP_{reuna}} + \Phi_{Sokkeli} + \Phi_{O+I} \\ &= (724,2 + 137,9 + 43 + 161 + 828,1 + 359,8)W \\ &= 2254 W \end{aligned}$$

VUOTOILMAVIRRRAN ARVIOINTI

- ei hyödynnetä tässä opinnäytetyössä

$$V = (7,3 * 3,3 * 3,3)m^3 \approx 79,5 m^3$$

$$\Phi = \frac{\rho c_p n V}{3600} * (T_s - T_u)$$

$$= 1,2 \frac{kg}{m^3} * 1000 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} * 0,2 \frac{1}{h} * 79,5m^3 * \frac{1h}{3600s} * (20 - (-32))^\circ C$$

$$\approx 276 W$$